

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-143983

(43)Date of publication of application : 25.05.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

(21)Application number : 11-322875

(71)Applicant : USHIO INC

(22)Date of filing : 12.11.1999

(72)Inventor : KOMORI MINORU

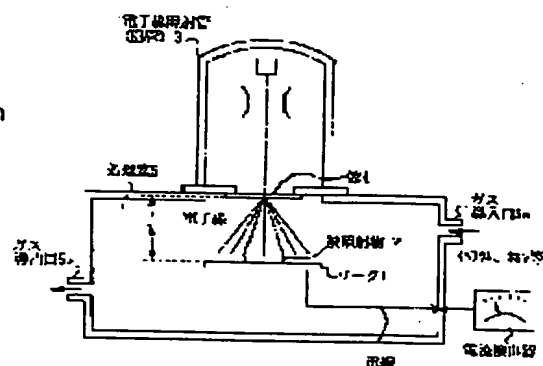
## (54) IRRADIATION PROCESSING METHOD OF ELECTRON BEAM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make it possible to process a work, regardless of a thick body or large body, by casting large energy an electron beam to the work even when the length between an vacuum tube type electron beam tube and the work is long.

**SOLUTION:** An electron beam cast from an electron beam tube 3 (EB tube) is passed through a window 4 to the inside of a process chamber 5 and cast onto an irradiating object 2 like resist or ink on a work 1. The inside of the process chamber 5 has an atmosphere of gases, such as helium, a mixed gas of nitrogen and helium, neon, and the like with density lower than air (nitrogen). Since there is the gas with density lower than the air (nitrogen) in the process chamber 5, the attainable length of the electron beam from the electron beam tube is made long or its attainable range is made large.

本発明の実施例で使用した電子線照射処理装置の構成を示す図



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-143983

(P2001-143983A)

(43)公開日 平成13年 5月25日 (2001. 5. 25)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 21/027

識別記号

F I

H 0 1 L 21/30

テームコード\* (参考)

5 6 5 5 F 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平11-322875

(22)出願日 平成11年11月12日 (1999. 11. 12)

(71)出願人 000102212

ウシオ電機株式会社

東京都千代田区大手町 2丁目 6番 1号 朝  
日東海ビル19階

(72)発明者 小森 実

神奈川県横浜市青葉区元石川町6409 ウシ  
オ電機株式会社内

(74)代理人 100100930

弁理士 長澤 俊一郎

Fターム(参考) 5F046 JA22 KA01 KA03

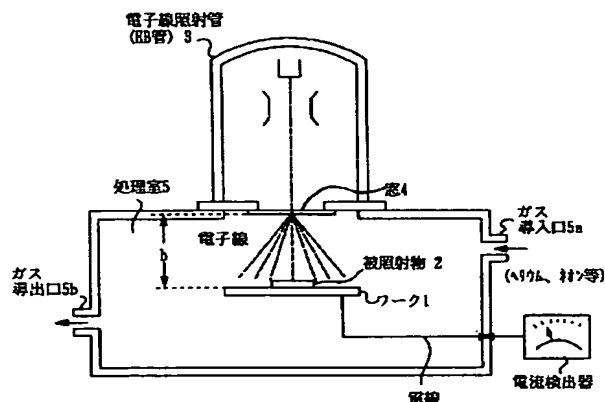
(54)【発明の名称】 電子線照射処理方法

(57)【要約】

【課題】 真空管型の電子線管と被処理物との距離が長くなっても、大きなエネルギーの電子線を被照射物に照射できるようにし、ワークが厚かったり、大きなワークであっても処理できるようにすること。

【解決手段】 電子線管3 (EB管) から放射される電子線は、窓4を介して処理室5内に放射され、ワーク1上に塗布されたレジストやインキ等の被照射物2に照射される。処理室5内は、空気(窒素)よりも低い密度の気体(ヘリウム、窒素とヘリウムの混合ガス、ネオン等)の雰囲気とする。処理室5内を、空気(窒素)よりも密度の低い気体の雰囲気としたので、電子線管から照射される電子線が到達する距離を長く、また、到達する範囲を広くすることができる。

本発明の実施例で使用した電子線照射処理装置の構成を示す図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 窓を備えた真空管型の電子線管により、被照射物に電子線を照射し、被照射物を処理する電子線照射方法であって、  
空気よりも低い密度の気体の雰囲気において被照射物に電子線を照射することを特徴とする電子線照射処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体ウエハ等に塗布されたレジストの硬化や、各種印刷物に塗布されたインキの乾燥など、電子線を被照射物に照射して被照射物を化学変化させて処理する電子線照射処理方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体ウエハ等のに塗布されたレジストの硬化、基板等に塗布された塗料、インキ、接着剤、保護用樹脂の乾燥や硬化のために、電子線照射を利用することが提案されてきている。電子線管には、電界放出型と熱電子放出型の2種類がある。いずれの方式においても、チャンバの中に、カソードとアノードとを備えた電子線源を備え、該チャンバ内に被照射物を配置するものである。電界放出型の電子線管としては、例えば、特表平11-505670号公報の図1に示すものが知られている。電界放出型の電子線管は、被照射物を配置するチャンバ内を高真空にする必要がある。

【0003】一方、近年、窓を有する真空管型の電子線管が市販されるようになった（例えば、特表平10-512092号公報参照）。上記電子線管は、電子線を透過させる窓を有する真空容器内に熱電子放射部と電子線加速部を設け、上記熱電子放射部から放出される熱電子を上記電子線加速部で加速して上記窓から放射させるようにしたものである。このような電子線管を用いると、電子線管の窓から常圧空气中に電子線を取り出すことができる。このため、被照射物が配置される雰囲気を減圧する必要がなく、減圧のための真空ポンプや真空チャンバが不要となり、電子線照射処理装置の構成が簡単で取扱も容易になる。

【0004】図6に、上記窓を有する真空管型の電子線管（以下EB管と呼ぶ）を用いて被照射物に電子線を照射する電子線照射処理装置の概略構成を示す。同図において、1は被照射物が塗布されたウエハや基板等（以下では、被照射物が塗布された基板等のことをワークと呼ぶ）、2はワーク1上に塗布されたレジストやインキ等の被照射物、3は前記した真空管型の電子線管（EB管）、4は電子線が放射される窓である。ワーク1は常圧、窒素雰囲気中の処理室5内に置かれている。なお、窒素の密度は1.25g/l、空気の密度は1.28g/lであり両者の密度に大きな違いがないので、ここでは窒素雰囲気を空気雰囲気と同等であるとして説明する。電

子線はEB管3内で作られ、窓4から外部に出射される。EB管3を、実際に被照射物に電子線を照射する装置として適用する場合、図6に示すように、窓4の近辺に、窓冷却手段7を設ける必要がある。

【0005】電子線の通過によりEB管3の窓4が昇温するので、窓冷却手段7により窓4を冷却する。具体的には、例えば窓近辺に設けた配管から冷却風を窓4に向かって吹きつけることにより冷却する。従来の電子線照射処理装置は、上記のように窓冷却手段7を設ける必要があるため、EB管3と被照射物2との間に15mm～30mm程度の空間が必要であった。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記したように、従来の電子線照射処理装置は窓冷却手段7を設ける必要があるため、EB管3と被照射物2との間に15mm～30mm程度の空間が必要となる。さらに、ワーク1の電子線照射処理室への搬送のしやすさ、立体物や厚いワークを処理可能とすること等を考慮すると、EB管3の窓4とワーク1との距離が大きくても電子線照射処理ができることが好ましい。すなわち、電子線照射処理としては、以下の条件を満たすことが望まれる。

- ① 窓からの距離が大きくなっても、被照射物に電子線が照射されること。
- ② 窓からの距離が大きくなっても、被照射物の広い面積に電子線が照射されること。
- ③ 窓からの距離が大きくなっても、被照射物の上部と下部とで同じ面積に電子線照射がされること（被処理物の厚さ方向における電子線照射範囲が均一であること）。

本発明は上記した事情に鑑みなされたものであって、本発明の目的は、EB管と被処理物との距離が長くなっても、大きなエネルギーの電子線を被照射物に照射できるようにし、ワークが厚かったり、大きなワークであっても処理をすることが可能な電子線照射処理方法を提供することである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明においては、窓を備えた真空管型の電子線管により被照射物に電子線を照射して被照射物を処理するに際し、被照射物が置かれる雰囲気を、空気（窒素）よりも低い密度の気体の雰囲気とした。これにより、電子線管から照射される電子線が到達する距離を長く、また、到達する範囲を広くすることができる。このため、被照射物との距離を十分に大きく取ることができ、ワークが厚かったり、立体物である場合であっても処理が可能となる。また、厚い被照射物であっても厚さ方向に均一な処理が可能になる。

## 【0008】

【発明の実施の形態】図1は本発明の実施例で使用した電子線照射処理装置の構成を示す。同図において、1は

被照射物が塗布されたウエハや基板等のワーク、2はワーク1上に塗布されたレジストやインキ等の被照射物、3は前記したEB管、4は電子線が放射される窓である。また、5は処理室であり、処理室5には、ガス導入口5a、ガス導出口5bが設けられており、該ガス導入口5aから処理室5内に空気（窒素）よりも低い密度の気体（ヘリウム、ネオン等、あるいはそれらの混合気体）を導入し、ガス導出口5bから処理室5内のガスを排出する。これにより、処理室5内は上記気体に置換される。なお、図1には図示されていないが、前記図6に示したように、窓4の近辺には窓冷却手段が設けられている。

【0009】図1に示す装置を用い、ガス導入口5aから処理室5内に、窒素、ヘリウム、ヘリウムと窒素がそれぞれ50%の混合気体（以下ヘリウム50%と略記する）、ネオンを導入し、以下の実験を行った。

#### (1) 実験条件

5mm角の何も塗布されていないアルミ板をワーク1とし、EB管3から電子線を照射しつつ、窓4から距離hの位置に置いたアルミ板を水平方向（図1における左右方向）に移動させながら該アルミ板に流れる電流値を測定した。図1に示すように、ワーク1であるアルミ板には電線が取り付けられ、電線は処理室5外の電流検出器に接続される。アルミ板には電子線が照射されると電流が発生し、発生した電流は電流検出器によって検出される。この電流の積算値は電子線照射量に対応すると考えられる。

【0010】図2に、例として、常圧窒素雰囲気、距離h=20mm及び50mmにおける上記アルミ板の水平方向の位置に対するアルミ板に流れる電流値〔 $\mu A$ 〕

（同図の縦軸）の変化を示す。横軸はアルミ板の水平方向の距離であり、水平距離0は、EB管3の窓の中心直下の位置を意味する。また、同図の①は距離h=20mm、②はh=50mmのときの電流値を示す。なお、図2は1本のEB管を使用して、該EB管3に50kVの電圧を印加し（電流200 $\mu A$ ）、5mm角のアルミ板に流れる電流を測定した結果を示したものである。

【0011】① 実験では、前記した各気体を処理室5内に導入し、いくつかの距離hに対して、図2のような電流の変化曲線を測定し、電流値を積分した積分電流値を求めた。この積分電流値の大小をもって距離hにおける電子線照射量と定義した。距離hが大きくなっても、積分電流値が変化しない（一定の値）であることが理想的である。電流の変化曲線より半値幅（変化曲線のピーク値をPとしたときP/2のときの変化曲線の幅）を求め、この半値幅を持って電子線が照射される面積と定義した。半値幅が同一の場合、電流の変化曲線の形状は一致すると仮定している。距離hが大きくなるほど、半値幅が大きくなることが理想的である。

② 被処理物の厚さ方向における電子線照射範囲の均一

性を調べるため、7.5 $\mu m$ のポリイミド箔によりアルミ板を覆ったワークと、ポリイミド箔のないワークを使用し上記電流値の半値幅を調べた。すなわち、ポリイミド箔をワークに塗布された被処理物と仮定し、上記電流値の半値幅を求めてポリイミド箔のないワークの半値幅と比較し、このポリイミド箔の有無における半値幅の差をもって、被処理物の厚さ方向における電子線照射範囲の均一性と定義した。

【0012】ポリイミド箔の有無において、半値幅がほぼ一致していれば、被処理物の上面と下面とにおいて、電子線が照射される範囲は一致し、したがって、被処理物の厚さ方向に均一に処理できることを意味する。しかし、ポリイミド箔有りの場合の半値幅が、ポリイミド箔なしの場合の半値幅よりも小さい場合は、被処理物の下面において電子線が照射される範囲が、上面のそれよりも狭いということになり、被照射物の厚さ方向における処理が不均一になることを意味する。これは処理不良の原因となる。距離が大きくなってもポリイミド箔の有無において、半値幅がほぼ一致することが理想的である。電子線が該ポリイミド箔を通過するためには、20kV以上のエネルギーを有する必要があることがわかっている。したがって、ポリイミド箔を通過すると半値幅が狭くなるということは、被照射物に照射される電子線のエネルギーが小さいことを示す。

【0013】以上の前提の基に、処理室5内の気体を変えて、上記距離hに対する積算電流値、距離hに対する電流値曲線の半値幅および距離hに対するポリイミド箔の有無における電流値曲線の半値幅を測定した。なお圧力は常圧である。

#### (2) 実験結果1：距離hに対する積算電流値

まず、ポリイミド箔のないアルミ板を用い、前記距離hに対する積算電流値を調べた。その結果を図3に示す。図3において、横軸は、EB管3の窓からアルミ板までの距離h〔mm〕、縦軸は、前記した積算電流値〔 $\mu A$ 〕である。なお、図3は図2と同様、1本のEB管3を使用して、該EB管3に50kVの電圧を印加し（電流200 $\mu A$ ）、5mm角のアルミ板を使用した場合を示したものである。

【0014】図3において、①は常圧窒素雰囲気の場合である。常圧窒素雰囲気の場合には、距離hが大きくなるにつれて積算電流値は徐々に低下し、距離h=60mmではほぼ0になる。②はヘリウム雰囲気の場合である。ヘリウム雰囲気の場合には、距離hの範囲が100mm内であれば、積算電流値は、変動があるもののほとんど低下せず、距離hが100mm以上であっても電流値が検出される。即ち、距離hを大きくしても、十分に大きな電子線の照射量が得られることがわかる。③は、ヘリウム50%雰囲気の場合である。ヘリウム50%雰囲気の場合には、距離hが大きくなるにつれて積算電流値は減少するが、電流値が0になるのは距離h=90mm

で、窒素雰囲気下よりも30mm長くなった。④は、ネオン雰囲気の場合である。ネオン雰囲気の場合には、ヘリウムの場合に比べて効果は小さいが、電流値が0になるのは、距離 $h=70\text{mm}$ で、窒素雰囲気下よりも10mm長くなった。

【0015】(3) 実験結果2：距離 $h$ に対する半値幅  
上記(2)と同様にポリイミド箔のないアルミ板を用い、前記距離 $h$ に対する半値幅を調べた。その結果を図4に示す。図4において、横軸は、前記距離 $h$  [mm]、縦軸は、前記した半値幅 [mm] であり、前記と同様、1本のEB管3を使用して、該EB管3に50kVの電圧を印加し(電流 $200\mu\text{A}$ )、5mm角のアルミ板を使用した場合を示したものである。図4において、①が窒素雰囲気の場合である。窒素雰囲気の場合、電流値の半値幅は距離 $h=30\text{mm}$ をピークに徐々に狭くなる。②は、ヘリウム雰囲気の場合である。ヘリウム雰囲気の場合、距離 $h$ が大きくなるにつれて、半値幅は増加した。即ち、距離 $h$ を大きくしても、広い範囲に電子線が照射されることになる。③は、ヘリウム50%雰囲気の場合である。ヘリウム50%雰囲気の場合、距離 $h=70\text{mm}$ まで半値幅は大きくなり、その後減少する。しかし、距離 $h=90\text{mm}$ になっても、窒素雰囲気下における最大の半値幅に近い半値幅を有している。④は、ネオン雰囲気の場合である。ネオン雰囲気の場合、ヘリウムの場合に比べて効果は小さいが、距離 $h$ を大きくしても、窒素雰囲気下における半値幅よりも大きい。

【0016】ここで、広い面積のワークを全面にわたって処理する場合、電子線を均一に照射するためには、複数のEB管を並べて配置することになる。EB管同士を配置する間隔は、経験的には、上記の半値幅と同じか、やや狭い間隔にするのが適切である。即ち、半値幅が狭いと、同じ面積を照射するのに対し、より多くのEB管が必要になる。また、EB管は、使用時間(電子線照射時間)に対して保証寿命が決められている。複数のEB管を使用する場合、それらのEB管が常に保証寿命内に有るように保全しておく必要がある。したがって、半値幅が狭ければそれに応じて多くのEB管を使用する必要があり、ランニングコストが高くなる。これに対し、半値幅が広いと、EB管の配置間隔を広くする、すなわち、所定の面積に対するEB管の本数を少なくすることができ、ランニングコストを下げるができる。

【0017】(4) 実験結果3：被処理物の厚さ方向における電子線照射範囲の均一度

ポリイミド箔のないアルミ板と、ポリイミド箔で覆ったアルミ板を使用して、前記距離 $h$ に対する半値幅を調べた。その結果を図5に示す。図5において、横軸は、前記距離 $h$  [mm]、縦軸は、前記した半値幅 [mm] であり、前記と同様、1本のEB管3を使用して、該EB管3に50kVの電圧を印加し(電流 $200\mu\text{A}$ )、5mm角のアルミ板を使用した場合を示したものである。

また、ポリイミド箔の厚さは $7.5\mu\text{m}$ である。図5において、①は窒素雰囲気下・ポリイミド箔なしの時の半値幅、②が窒素雰囲気下・ポリイミド箔ありの時の半値幅である。①、②を比較すると、距離 $h=20\text{mm}$ までは、ポリイミド箔の有無において半値幅は一致する。しかし、距離 $h=20\text{mm}$ 以上になると、②は①より小さくなり、②は $h=40\text{mm}$ で半値幅がほぼ0となる。すなわち、窒素雰囲気においては、被照射物の上面と下面とで電子線が照射される範囲が異なることになる。特に距離 $h=40\text{mm}$ になると、被照射物の上面には電子線が照射され処理されるが、下面には電子線が到達せず処理ができないことになる。

【0018】また、③はヘリウム雰囲気下でポリイミド箔なしの時の半値幅、④はヘリウム雰囲気下でポリイミド箔ありの時の半値幅である。③と④を比較すると、距離 $h=40\text{mm}$ までは、ポリイミド箔の有無にかかわらず半値幅が一致する。すなわち、窒素雰囲気の場合と比べ、距離 $h$ が大きくなっても被照射物の厚さ方向に関して均一な電子線照射範囲を得られることとなる。また、図5から明らかなように、ヘリウム雰囲気下であれば、ポリイミド箔有りの場合、距離 $h$ を大きくしても半値幅が0になることがない。このことは、ヘリウム雰囲気下であれば、被照射物の下面が処理されない(電子線が到達しない)ということがないということの意味している。ポリイミド箔の有る場合と無い場合とで、半値幅が一致する距離 $h$ が長い方が、EB管と被照射物の照射面との距離を長く取ることができる。したがって、ワークを配置するスペースが確保でき有利となる。また、同じ距離 $h$ においては、より厚い(より高い電子エネルギーに相当する)被照射物を厚さ方向に均一に処理することができる。

【0019】(5) まとめ

以上の実験から、処理室5の雰囲気を、窒素(=空気)にかえて、ヘリウム、ヘリウムと窒素の50%の混合気体、ネオンとすることにより、EB管から照射される電子線が到達する距離が長く、また、照射範囲が広がる事が確認された。これは、空気の密度が約 $1.28\text{g/l}$ 、窒素の密度が $1.25\text{g/l}$ であるのに対し、ヘリウムは密度 $=0.179\text{g/l}$ 、ヘリウムと窒素の50%の混合気体は密度 $=\text{約}0.71\text{g/l}$ 、ネオンは密度 $=0.90\text{g/l}$ であり、電子線が通過する雰囲気(気体)の密度が低くなるため、電子線が雰囲気分子と衝突する確率が小さくなり、電子線が到達する距離及び範囲が大きくなるものと考えられる。また、電子線が雰囲気分子と衝突する確率が小さくなるので、EB管と被処理物との距離が長くなっても、電子線のエネルギーが大きい状態で保持される。したがって、ポリイミド箔のようなエネルギー障壁があっても、通過できる電子線が多くなる、と考えられる。

【0020】なお、以上では、処理室5内の気体を窒素

とした場合、ヘリウム、ヘリウムと窒素を50%の割合で混合した混合気体、ネオンとした場合について示したが、ネオンと窒素等を混合した混合気体や、その他、空気より低い密度の気体である水素、メタン、あるいは、これらと窒素等の混合気体であっても同様の効果が得られるものと考えられる。

#### 【0021】

【発明の効果】以上説明したように、本発明においては以下の効果を得ることができる。

(1) 電子線を被照射物に照射する際の処理室を、空気（もしくは窒素）よりも密度の低い、ヘリウムやネオン等の気体の雰囲気とすることにより、EB管から照射される電子線が到達する距離を長く、また、到達する範囲（＝半値幅）を広げることができる。したがって、EB管の窓を冷却する手段を、EB管と被照射物との間に設けても、被照射物との距離を十分に大きく取ることができ、ワークが厚かったり、立体物である場合であっても処理ができる。

(2) 電子線が到達する範囲を広げできる。このため、広い面積に均一な電子線を照射するために複数のEB管を配置する場合、EB管の個数を減らすことができる。したがって、EB管が常に保証寿命内にあるように保全しておく手間が減り、ランニングコストを低減化することができる。

(3) ある被処理物に対して、EB管と被処理物との距離が長くなっても、被照射物の上面において電子線が照射される範囲と、下面において電子線が照射される範囲とが等しくすることができる。このため、EB管と被処

理物とのスペースを十分に取れるとともに、同じ距離であれば、厚い被照射物であっても厚さ方向に均一な処理が可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例で使用した電子線照射処理装置の構成を示す図である。

【図2】窒素雰囲気におけるEB管の照射分布特性を示す図である。

【図3】ヘリウム、ヘリウム混合気体、ネオン、窒素雰囲気における距離hに対する積算電流値を示す図である。

【図4】ヘリウム、ヘリウム混合気体、ネオン、窒素雰囲気における距離hに対する半値幅を示す図である。

【図5】ヘリウム、窒素雰囲気においてポリイミド箔の有／無の場合における距離hに対する半値幅を示す図である。

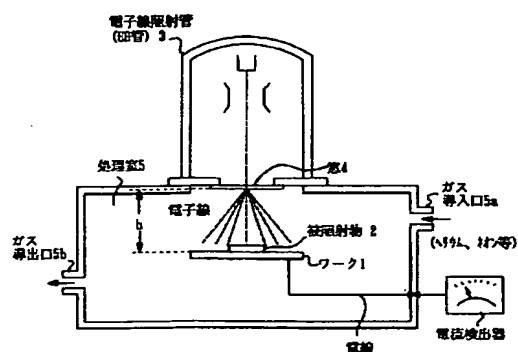
【図6】真空管型の電子線管を用いて被照射物に電子線を照射する電子線照射処理装置の概略構成を示す図である。

#### 【符号の説明】

- 1 ワーク
- 2 被照射物
- 3 電子線管（EB管）
- 4 窓
- 5 処理室
- 5a ガス導入口
- 5b ガス導出口

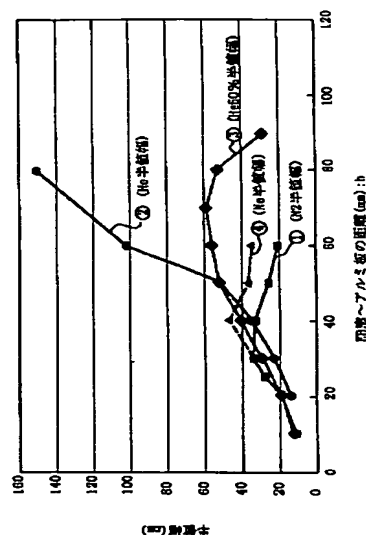
【図1】

本発明の実施例で使用した電子線照射処理装置の構成を示す図



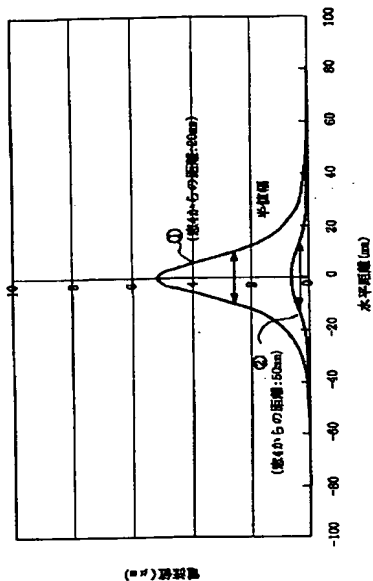
【図4】

ヘリウム、ヘリウム混合気体、ネオン、窒素雰囲気における距離hに対する半値幅を示す図



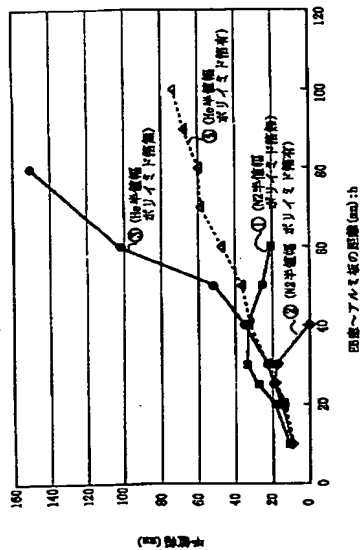
【図2】

窒素雰囲気におけるEB管の照射分布特性を示す図



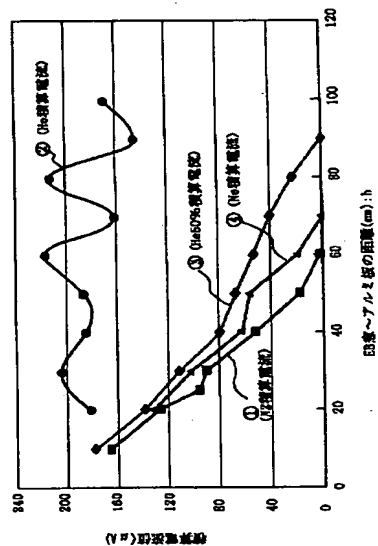
【図5】

ヘリウム、窒素雰囲気においてポリイミド箔の有/無の場合における距離hに対する半値幅を示す図



【図3】

ヘリウム、ヘリウム混合気体、ネオン、窒素雰囲気における距離hに対する積算電流値を示す図



【図6】

真空管型の電子線管を用いて被照射物に電子線を照射する電子線照射処理装置の概略構成を示す図

